

RANCANG BANGUN ELEKTROKARDIOGRAF (EKG) MENGGUNAKAN *PROGRAMMABLE GAIN AMPLIFIER* (PGA) SEBAGAI PENGUBAH NILAI *AMPLIFIER* OTOMATIS

Aristyawan Putra Nurdiansyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : aristyawannurdiansyah@mhs.unesa.ac.id

Nur Kholis

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : nurkholis@unesa.ac.id

Abstrak

Programmable Gain Amplifier (PGA) merupakan IC (*Integrated Circuit*) yang mempunyai nilai penguatan berbeda-beda. Dengan karakteristiknya, PGA dapat dimanfaatkan dalam pembuatan elektrokardiograf (EKG) yang memiliki *input* tegangan puncak ke puncak sinyal QRS berbeda-beda. Tujuan pada penelitian ini yaitu menerapkan PGA terhadap EKG, sehingga perubahan nilai penguatan PGA dapat membantu EKG mengolah dan menampilkan output sinyal QRS secara utuh meskipun input tegangan puncak ke puncak sinyal QRS yang diberikan berbeda. Penelitian ini menggunakan *powerbank* sebagai sumber tegangan, IC AD620 sebagai *instrumentasi amplifier*, IC TL084 sebagai *highpass filter* ordo satu dan *lowpass filter* ordo dua, Arduino Nano sebagai mikrokontroler, Osiloskop Protek 5020 untuk menampilkan sinyal QRS. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa PGA memiliki nilai penguatan 16x saat *input* QRS yang diberikan sebesar 1 mV, 8x saat *input* QRS sebesar 2 dan 3 mV, 5x saat *input* QRS sebesar 4 dan 5 mV, dan *output* sinyal QRS pada osiloskop menampilkan bentuk sinyal secara utuh.

Kata Kunci: Sinyal EKG, Penguatan, PGA.

Abstract

Programmable Gain Amplifier (PGA) is an IC (*Integrated Circuit*) which has different amplifier values. With its characteristics, PGA can be use in the manufacture of electrocardiograph (ECG) which have a peak to peak voltage input of different QRS signals. The purpose of this study is to apply PGA to ECG, so that changes in the value of PGA amplifier can help the ECG process and display the output of the QRS signal completely even though the input peak to peak voltage of the given QRS signal is different. This study uses Powerbank as a power supply, IC AD620 as an instrumentation amplifier, IC TL084 as a order one highpass filter and a second order lowpass filter, Arduino Nano as a microcontroller, Protek 5020 Oscilloscope to display QRS signals. The results of the study show that PGA has a 16x amplifier value when the QRS input is 1 mV, 8x when the QRS input is 2 and 3 mV, 5x when the QRS input is 4 and 5 mV, and the QRS signal output on the oscilloscope displays the whole signal form.

Keywords: ECG Signals, Amplifier, PGA.

PENDAHULUAN

Jantung adalah salah satu bagian paling penting dalam tubuh makhluk hidup yang berfungsi memompa darah keseluruh tubuh, letaknya berada dalam rongga dada sebelah kiri dan ukurannya sebesar kepalan pemilik jantung. Jantung bekerja melewati suatu mekanisme yang berulang secara terus menerus dan menghasilkan sinyal dengan parameter gelombang QRS. Gelombang QRS memiliki berbagai macam bentuk yang berbeda sesuai dengan aktivitas, kondisi fisik dan penempatan elektrode.

Aktivitas yang berat dapat menimbulkan aliran listrik yang lebih banyak sehingga menghasilkan tegangan yang lebih besar. Tegangan yang semakin besar membuat amplitudo gelombang QRS semakin besar. Begitu pula sebaliknya apabila aliran listrik yang dihasilkan lebih sedikit maka tegangan menjadi lebih kecil. Tegangan yang lebih kecil membuat amplitude gelombang menjadi lebih kecil (Malcolm S. Thaler. 2000).

EKG (Elektrokardiograf) merupakan alat bantu ukur pembacaan beda bentuk sinyal QRS pada jantung. Hal yang menjadi kekurangan EKG adalah keterbatasan amplifier, pemakaian EKG saat ini masih dilakukan pada

rentang kerja dari nilai amplifler yang tetap untuk penguatan sinyal EKG (Tyas Istiqomah, 2012). Meskipun banyak penelitian pada kinerja EKG pada jantung, pengaruh amplifler atau penguatan pada EKG biasanya diabaikan dan tidak dibahas pada penelitian sebelumnya (Liu, Feifei. 2017).

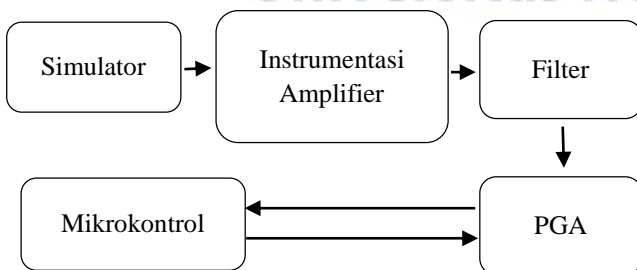
Jika nilai penguatan yang dilakukan terlalu besar maka IC akan mengalami saturasi dan bentuk puncak sinyal QRS akan terpotong. Apabila nilai penguatan terlalu kecil maka hasil tidak dapat ditangkap ataupun diolah. Sehingga penggunaan nilai amplifler yang tetap pada EKG tentu hanya bekerja pada tegangan yang sesuai dengan amplifler tersebut saja.

Dengan kekurangan EKG pada penggunaan penguatan sebelumnya dalam menampilkan bentuk sinyal QRS yang berbeda-beda didapatkan bahwa masih perlu adanya penerapan *programmable gain amplifier* yang mempunyai nilai penguatan berbeda-beda dan nilai penguatan yang mampu berubah-ubah sesuai dengan yang dibutuhkan tanpa menggunakan banyak rangkaian penguat sehingga gelombang QRS dapat ditampilkan secara utuh dan IC terhindar dari kondisi saturasi walaupun EKG hanya menggunakan sumber tegangan 5 volt.

METODE

Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif, karena penelitian ini disajikan dengan angka-angka. Dan penelitian kuantitatif merupakan pendekatan penelitian yang banyak dituntut menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data serta penampilan hasilnya.

Pendekatan penelitian dimulai dari studi dari referensi yang pernah ada sebelumnya, buku yang sesuai dengan materi sejenis. Pengumpulan bahan berupa *datasheet* pada komponen masing-masing yang dibutuhkan untuk merancang EKG. Dilanjutkan dengan perancangan *hardware*. Dalam perancangan *hardware* dibuat blok diagram rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Rangkaian

Pada penelitian EKG ini menggunakan simulator sebagai pengganti pendeteksian aktivitas pada jantung. Simulator mampu menghasilkan sinyal QRS jantung

sesuai dengan yang diinginkan, sehingga memudahkan pengambilan data pada perubahan nilai amplifler.

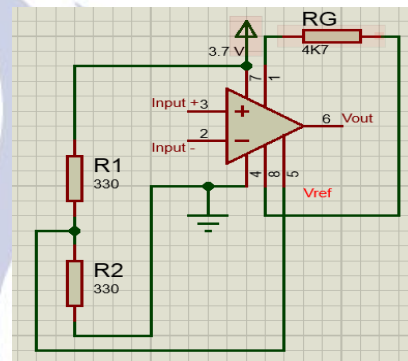
Pada blok *instrumentasi amplifler* ini menggunakan IC AD620. Sinyal QRS dari simulator sinyal EKG disatukan dan dikuatkan. Penguatan yang digunakan sebesar 11,5x. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1 \tag{1}$$

keterangan :

- G : Gain
- R_G : Resistor Gain

Rangkaian *instrumentasi amplifler* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian *Instrumentasi Amplifier*
Sumber : (Data Primer, 2018)

Rangkaian filter digunakan setelah rangkaian *instrumentasi amplifler*. Penggunaan rangkaian ini dilakukan untuk meloloskan sinyal yang diinginkan. Dalam merangkai filter, filter akan digabungkan dengan op-amp sehingga mampu menghasilkan penguatan. Filter akan didesain mampu meloloskan sinyal berkisar 0,01 Hz sampai dengan 95,9 Hz dan menguatkan tegangan sebesar kurang lebih 5x. Dengan perhitungan Frekuensi *cutoff* (F_c) *Highpass* pada persamaan 2 dan Frekuensi *cutoff* (F_c) *Lowpass* ordo dua pada persamaan 3. Penguatan pada filter dapat dilihat pada persamaan 4.

$$F_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \tag{2}$$

keterangan :

- π : 3,16
- R : Resistor
- C : Kapasitor

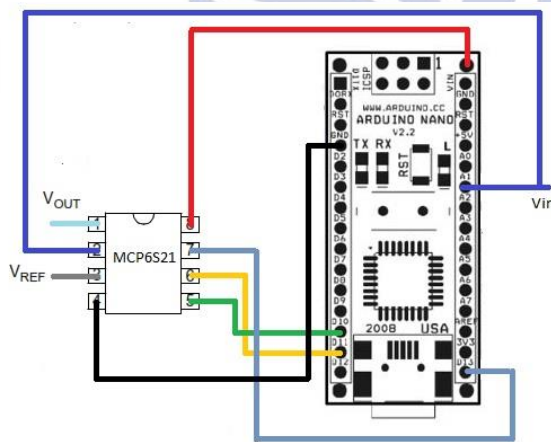
$$F_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 C_1 R_2 C_2}} \tag{3}$$

$$G = 1 + \frac{R_3}{R_4} \tag{4}$$

Blok PGA digunakan setelah blok filter dikarenakan sinyal akan difilter terlebih dahulu sedemikian rupa sehingga ketika dikuatkan maka noise tidak akan ikut dikuatkan. PGA berfungsi sebagai penguatan yang dapat berubah-ubah menyesuaikan dengan input yang diterima, IC PGA yang digunakan pada penelitian ini yaitu MCP6S21 dan nilai penguatan yang digunakan sebesar 5x, 8x, 16x. Apabila tegangan input pada PGA memiliki nilai kecil maka PGA akan menggunakan nilai penguatannya yang besar begitu juga sebaliknya apabila tegangan input pada PGA memiliki nilai besar maka PGA hanya akan menggunakan nilai penguatannya yang kecil.

Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino nano. Fungsi arduino pada penelitian ini adalah merubah nilai analog tegangan puncak dari sinyal QRS menjadi nilai digital. Kemudian arduino akan menyimpan nilai digital tertinggi tersebut kedalam variabel. Nilai digital tertinggi yang telah disimpan dalam variabel tersebut digunakan sebagai nilai penentu penggunaan penguatan pada PGA.

Rangkaian kontrol PGA dengan arduino nano dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Kontrol PGA
Sumber : (Data Primer, 2018)

Output yang dihasilkan oleh LPF menjadi input tegangan puncak ke puncak sinyal QRS yang menuju ke PGA. Pada kondisi pertama kali menyala, PGA akan menguatkan sebesar 5x, hal ini bertujuan agar arduino mampu mengolah input yang tidak terlalu kecil. Kemudian output yang dihasilkan oleh PGA dibagi menjadi 2 bagian, output bagian pertama menuju ke osiloskop untuk ditampilkan dan bagian kedua menuju ke optocoupler untuk diolah kembali di arduino. Setelah arduino mengambil input tegangan puncak berupa nilai digital kemudian arduino menyimpannya kedalam

variabel. Berikutnya arduino melakukan *counter*, penggunaan counter bertujuan sebagai reset agar pada *counter* ke 1000 dapat mengambil input tegangan puncak berupa nilai digital dari awal.

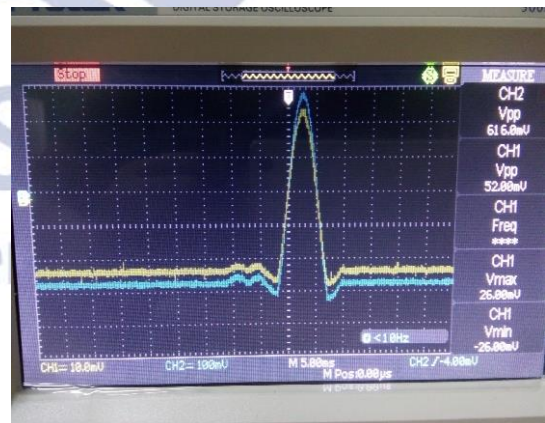
Variabel yang telah disimpan sebelumnya oleh arduino dibandingkan dengan nilai batas 1. Apabila nilai variabel memenuhi nilai kondisi batas 1 maka penguatan sebesar 16x pada batas 1 dikirimkan menuju PGA berupa register. Jika nilai variabel tidak memenuhi nilai kondisi batas 1 maka nilai variabel akan dibandingkan dengan batas 2. Apabila nilai variabel memenuhi nilai kondisi pada batas 2 maka arduino akan mengirimkan nilai penguatan kedua sebesar 8x berupa register menuju ke PGA. Jika nilai variabel tidak memenuhi nilai kondisi batas 1 dan batas 2 maka secara otomatis penguatan ketiga sebesar 5x berupa register dikirimkan arduino menuju ke PGA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan EKG dengan Menggunakan PGA

Hasil penelitian dan pembahasan tentang uji penguatan tegangan puncak ke puncak pada rancang bangun EKG dengan PGA dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu pengujian penguatan pada instrumentasi amplifier, highpass filter, lowpass filter ordo dua, dan pengujian penguatan tegangan puncak ke puncak sinyal QRS pada PGA.

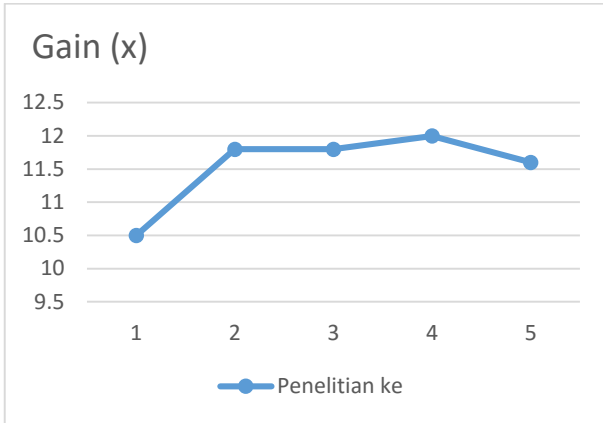
Indikator yang diuji pada *instrumentasi amplifier* berupa penguatan tegangan puncak ke puncak sebesar 11,5x yang dihasilkan dari simulator berupa sinyal QRS dengan frekuensi 100 Hz kemudian melewati AD620.



Gambar 4. Perbandingan sinyal input QRS dan output QRS pada Instrumentasi amplifier

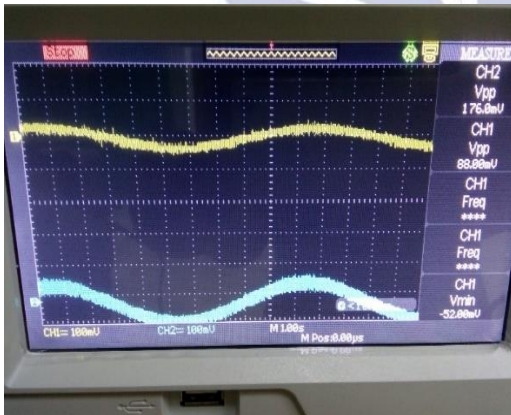
Sinyal berwarna kuning menunjukkan sinyal input QRS yang dihasilkan oleh simulator sebesar 52 mV. Sinyal berwarna biru menunjukkan sinyal output QRS yang telah dikuatkan oleh instrumentasi amplifier menjadi 616 mv. Kemudian pengujian dilanjutkan dengan 5 input tegangan yang berbeda sehingga

didapatkan grafik pengujian penguatan pada instrumentasi amplifier yang ditunjukkan pada Gambar 5.



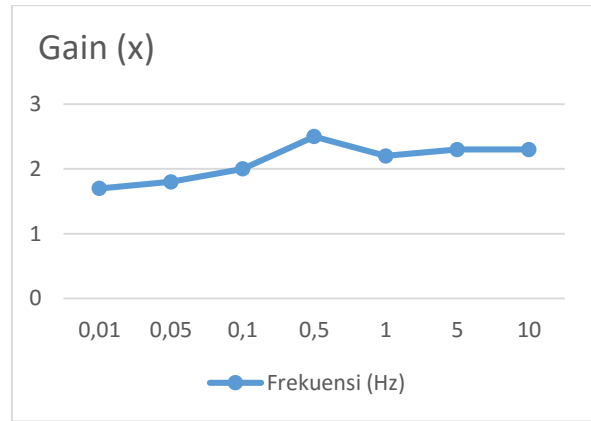
Gambar 5. Grafik Pengujian Penguatan Instrumentasi Amplifier

Berdasarkan hasil percobaan dan pengukuran dengan menggunakan osiloskop, rangkaian highpass filter mampu meloloskan dan menguatkan sinyal sebesar kurang lebih 2,5x mulai dari frekuensi 0,01 Hz. Kinerja Highpass filter dalam meloloskan dan menguatkan sinyal dapat dilihat pada Gambar 6.



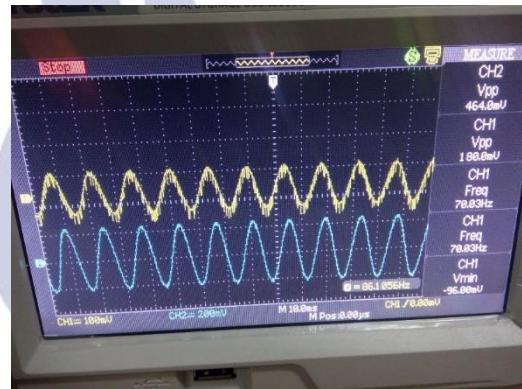
Gambar 6. Sinyal Sinus dengan frekuensi 0,1 Hz

Sinyal input yang digunakan untuk melakukan pengujian yaitu sinyal sinus dan tidak menggunakan sinyal QRS, dikarenakan sebelum rangkaian filter disatukan dengan rangkaian lain, filter harus dipastikan bisa berfungsi dengan baik terlebih dahulu. Pada Gambar 7, sinyal dengan warna kuning menunjukkan sinyal input sinus sebesar 88 milivolt dengan ukuran kalibrasi osiloskop 100 mV/div, didapatkan sinyal output sinus 176 milivolt. Dengan membandingkan nilai tegangan puncak output dan input didapatkan bahwa penguatan HPF sebesar 2x. Pengujian HPF dilakukan sebanyak 7 kali dengan input nilai tegangan puncak ke puncak sinus yang berbeda sehingga didapatkan data grafik respon frekuensi pada Gambar 7.



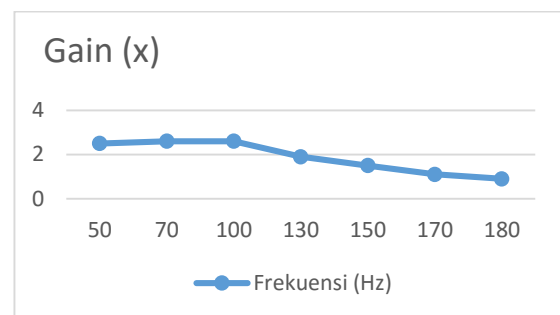
Gambar 7. Grafik Respon Frekuensi Highpass Filter

Dalam pengujian *cutoff* pada lowpass filter menggunakan sinyal sinus. Gambar pelolosan sinyal dan penguatan dapat dilihat pada Gambar 8.



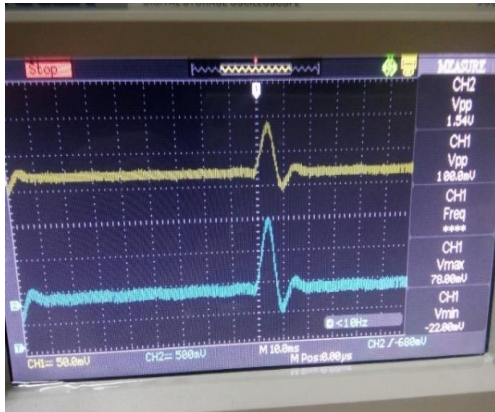
Gambar 8. Sinyal Sinus dengan frekuensi 70Hz

Sinyal berwarna kuning menunjukkan sinyal input sinus dengan tegangan puncak 180 milivolt dan dengan kalibrasi osiloskop 100 milivolt/div. Sinyal berwarna biru menunjukkan hasil pelolosan sinyal dan penguatan dari LPF. Sinyal sinus output LPF memiliki nilai tegangan puncak 464 milivolt, menandakan penguatan dari LPF sebesar 2,5x. Pengujian LPF dilakukan sebanyak 7 kali. Setelah melakukan pengujian kemudian didapatkan tabel hasil pengujian respon frekuensi pada LPF dan dapat dilihat pada Gambar 9.



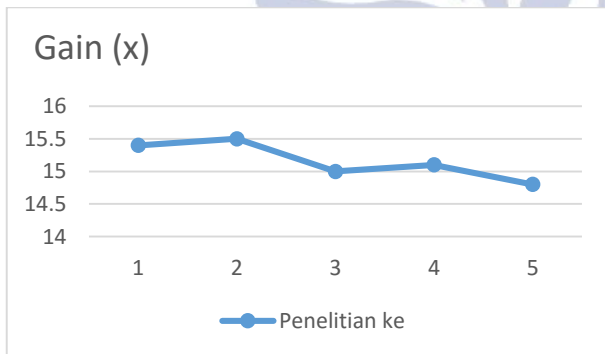
Gambar 9. Grafik Respon Frekuensi Lowpass Filter

Uji penguatan pertama dilakukan dengan menggunakan input tegangan puncak ke puncak sinyal QRS dari simulator sebesar 1 milivolt. Sinyal QRS berwarna kuning menunjukkan output yang dihasilkan oleh LPF sebesar 100 milivolt dan sinyal berwarna biru menunjukkan output yang dihasilkan oleh PGA sebesar 1,54 volt. Hasil uji input tegangan puncak ke puncak sebesar 1 milivolt ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Uji Penguatan dengan Input 1 milivolt

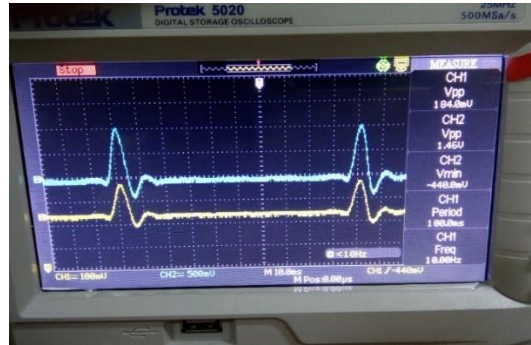
Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan didapatkan grafik penguatan input 1 milivolt.



Gambar 11. Grafik Penguatan PGA Input 1 milivolt

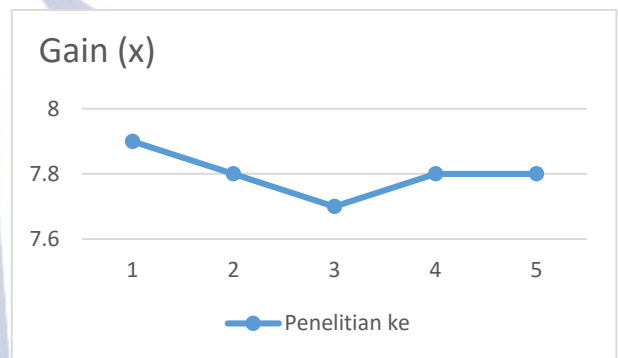
Dengan hasil uji yang telah didapatkan dari osiloskop dan hasil analisis yang telah dilakukan, maka didapatkan bahwa PGA berhasil menguatkan sinyal QRS sebesar 15,16x dengan pembulatan penguatan yang dimiliki PGA sebesar 16x dan nilai penguatan tersebut tidak membuat sinyal QRS terpotong.

Uji penguatan kedua dilakukan dengan input dari simulator sebesar 2 milivolt. Hasil uji penguatan pada PGA dengan input dari simulator sebesar 2 milivolt dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Uji Penguatan dengan Input 2 milivolt

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan didapatkan grafik penguatan input 2 milivolt.



Gambar 13. Grafik Penguatan PGA Input 2 milivolt

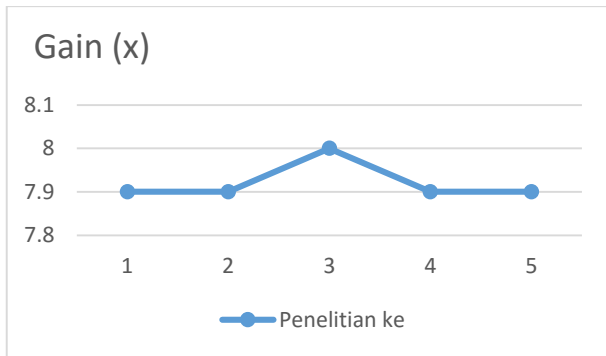
Hasil analisis yang telah dilakukan dan hasil dari uji penguatan pada PGA menggunakan osiloskop, didapatkan bahwa input tegangan puncak ke puncak dari simulator sebesar 2 milivolt dikuatkan oleh PGA dengan penguatan sebesar 7,8x dengan pembulatan penguatan yang dimiliki PGA sebesar 8x dan nilai penguatan pada PGA tersebut tidak membuat sinyal QRS terpotong.

Pengujian ketiga dilakukan dengan input tegangan puncak ke puncak dari simulator sebesar 3 milivolt. Hasil pengujian ketiga dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Uji Penguatan dengan Input 3 milivolt

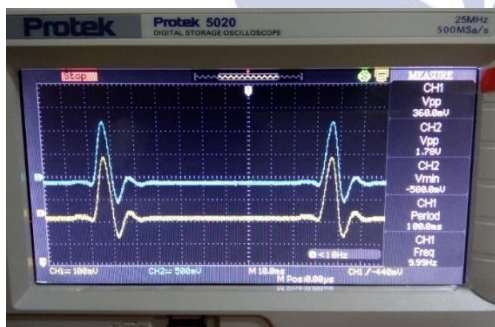
Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan didapatkan grafik penguatan input 3 milivolt.



Gambar 15. Uji Penguatan dengan Input 3 milivolt

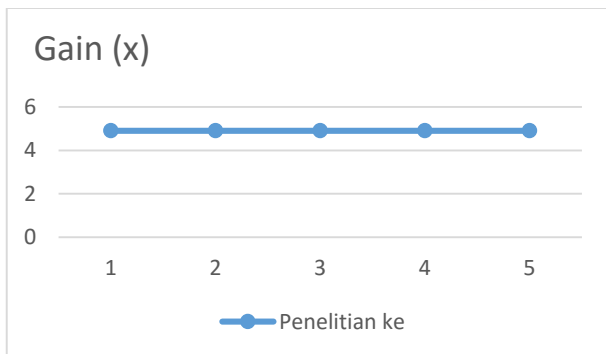
Pada hasil analisis menunjukkan penguatan yang dilakukan oleh PGA sebesar 7,9x dengan pembulatan penguatan yang dimiliki PGA sebesar 8x dan nilai penguatan tersebut tidak membuat sinyal QRS terpotong. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian penguatan menggunakan osiloskop.

Uji penguatan keempat menggunakan input tegangan puncak ke puncak dari simulator sebesar 4 milivolt. Hasil pengujian penguatan pada PGA yang keempat dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Uji Penguatan dengan Input 4 milivolt

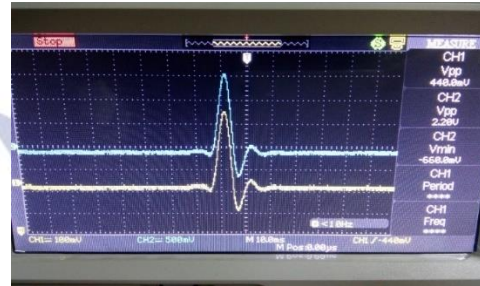
Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan didapatkan grafik penguatan input 4 milivolt.



Gambar 17. Uji Penguatan dengan Input 4 milivolt

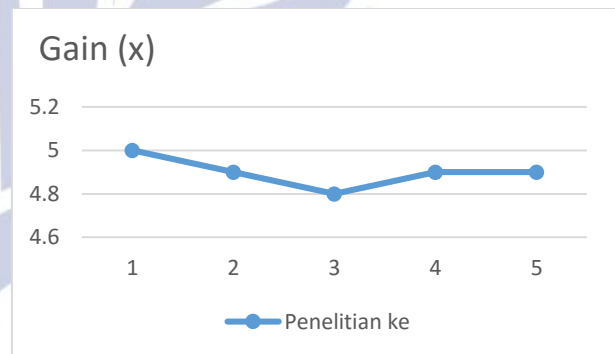
Dari hasil analisis yang telah dilakukan dan hasil uji penguatan menggunakan osiloskop memiliki kesamaan, bahwa penguatan yang terjadi pada PGA sebesar 4,9x dengan pembulatan penguatan yang dimiliki PGA sebesar 5x dan dengan penguatan tersebut tidak membuat sinyal QRS terpotong.

Pengujian yang terakhir menggunakan input tegangan puncak ke puncak dari simulator sebesar 5 milivolt. Hasil pengujian penguatan pada PGA yang kelima dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Uji Penguatan dengan Input 5 milivolt

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan didapatkan grafik penguatan input 5 milivolt.



Gambar 19. Uji Penguatan dengan Input 5 milivolt

PENUTUP

Simpulan

Dari penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan pada Rancang bangun (Elektrokardiograf) EKG dengan menggunakan Programmable Gain Amplifier (PGA) sebagai pengubah nilai amplifier otomatis telah berhasil dibuat dengan menggunakan komponen yang terdiri dari instrumentasi amplifier, highpass filter ordo satu, lowpass filter ordo dua, PGA, dan arduino nano.

Nilai penguatan PGA dapat berubah-ubah dengan baik sesuai dengan 5 input tegangan puncak ke puncak yang berbeda dari simulator. Nilai input tegangan puncak ke puncak sebesar 1 milivolt dari simulator membuat PGA melakukan kinerjanya berupa penguatan sebesar 16x sesuai pada Gambar 10. Nilai input tegangan puncak

ke puncak sebesar 2 milivolt dari simulator membuat PGA melakukan kinerjanya berupa penguatan sebesar 8x sesuai pada Gambar 12. Nilai input tegangan puncak ke puncak sebesar 3 milivolt dari simulator membuat PGA melakukan kinerjanya berupa penguatan sebesar 8x sesuai pada Gambar 14. Nilai input tegangan puncak ke puncak sebesar 4 milivolt dari simulator membuat PGA melakukan kinerjanya berupa penguatan sebesar 5x sesuai pada Gambar 16. Nilai input tegangan puncak ke puncak sebesar 5 milivolt dari simulator membuat PGA melakukan kinerjanya berupa penguatan sebesar 5x sesuai pada Gambar 18.

Pada Gambar 10, 12, 14, 16, dan 18 menunjukkan kinerja PGA berupa penguatan yang terpilih sebesar 16x, 8x, dan 5x sesuai dengan input dari simulator yang diberikan tidak membuat bentuk sinyal QRS terpotong.

Saran

Pada penelitian ini masih terdapat beberapa hal yang perlu disempurnakan Menggunakan simulator dengan fitur input yang lebih lengkap sehingga mampu menampilkan sinyal QRS dengan bentuk yang bermacam-macam. Menggunakan osiloskop dengan skala pembacaan yang mampu sampai dibawah 1 milivolt/DIV sehingga dapat membaca tegangan sinyal yang lebih kecil. Dan menggunakan *masking* pada PCB, sehingga PCB yang digunakan terlihat lebih bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- Istiqomah, Tyas. 2012. Rancang Bangun Elektrokardiograf (EKG). (<http://journal.unair.ac.id/download-fullpapers-jft0bb11342a2full.pdf>, diakses 10 Desember 2017).
- Liu, Feifei., Wei, Shoushui., Li Yibin., Shang, Haixia., and Liu Chengyu. 2017. *Effect of ECG signal gain on the detection accuracy of four common QRSdetectors.* (<http://ieeexplore.ieee.org/document/8243055/>, diakses 20 Januari 2018).
- S. Thaler, Malcolm. 2000. *The Only EKG Book You'll Ever Need.* Jakarta: Hipokrates.